

New Generation of Comprehensive Test and Automated Test Solutions for Radio

新一代电台综测及自动化测试解决方案

芮艳华

2019.04

应用工程师 / 是德科技



日程

- 电台发展现状及电台综测仪现状介绍
 - 军用电台和公共安全电台的现状与发展趋势
 - 电台综测仪现状及发展趋势
- 新一代电台综测仪M8920A介绍
 - M8920A架构介绍
 - 关键指标及应用
- 现代的自动化测试软件平台
 - 成功自动化测试平台架构的关键要素
- 电台测试系统的自动化方案及应用举例
 - KS8400A PathWave 测试自动化
 - 电台测试自动化插件及使用举例
- 总结

军用电台和公共安全电台的现状与发展趋势

军用，航空以及LMR（陆地移动电台）

- 通用电台架构
- 安全的语音和数据通信
- 模拟和数字调制方式
- 频段
- 加密



图片来源: army.mil



图片来源: army.mil



图片来源: dsh.ca.gov



需要更多的传输能力!

军用电台和公共安全电台的现状与发展趋势

市场趋势

- 增加系统间的互通性，通过将电台接入宽带网络
- 通信现代化，快速响应
- 更先进的通信和功能
 - 视频 + 数据 + 语音
 - 更快的做决定
 - 执行更成功，高效的任務



图片来源: army.mil



图片来源: cops.usdoj.gov



图片来源: af.mil

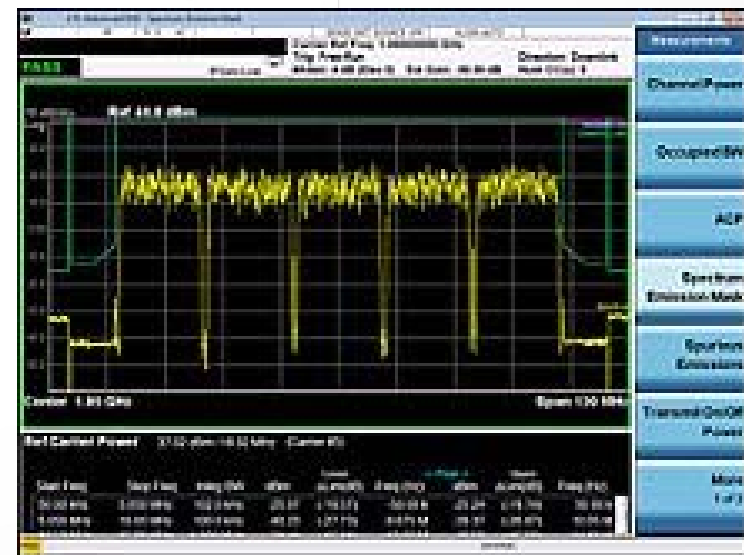
电台综测仪现状

传统的仪表落后于技术发展

- 测试复杂&耗时
 - 新的现实: 新技术驱使生产流程改变
 - 新的现实: 数字调制信号的EVM
- “难度^2” 技术差距
 - #1: 理解发射机性能来决定电台信号的质量
 - #2: 充分表征数字调制信号以验证预期性能



HP8920A/B Analog Radio Test Set



电台综测仪发展趋势

新的 M8920A 电台综测仪

- 使用 M8920A PXIe 电台综测仪:
 - 使用预先配置的测量节省时间
 - 测试 LMR 模拟/数字 电台以及其他商业标准 (WLAN, LTE 和 Bluetooth®)
 - 测量你对电台预期的性能
- 演进满足未来的需要—易用&节约成本
 - 灵活可扩展的解决方案
 - 软件许可可升级
 - 多点触控的用户界面
 - PXIe提供最快的测试速度，快25%
- 获得你所需要的Keysight的支持



日程

- 电台发展现状及电台综测仪现状介绍
 - 军用电台和公共安全电台的现状与发展趋势
 - 电台综测仪现状及发展趋势
- 新一代电台综测仪**M8920A**介绍
 - M8920A架构介绍
 - 关键指标及应用
- 现代的自动化测试软件平台
 - 成功自动化测试平台架构的关键要素
- 电台测试系统的自动化方案及应用举例
 - KS8400A PathWave 测试自动化
 - 电台测试自动化插件及使用举例
- 总结

新一代电台测试综测仪M8920A

N9093 多测量仪器用户界面

新!

M8920A 电台测试综测仪 (100 kHz 到 3/6 GHz):

- **M8920A 基于PXIe 的硬件:**
 - M9421A VXT 矢量收发信机
 - M9470A 50W 射频接口模块
 - M9260A 音频信号生成分析模块
- 包含 **N9093 电台测试软件**
 - 支持 AM/FM/SSB 模拟电台测试
 - (可选配) 支持 APCO P1/2, TETRA 1, DMR, 以及 dPMR 数字电台测试
 - (可选配) 支持LTE, WLAN 802.11ac, 和 Bluetooth® 测量应用



M8920A关键指标

指标	性能
频率输入\输出范围	100 kHz 到 3.8/6 GHz
矢量信号生成\分析带宽	40/100/160 MHz
T/R口输入最大功率	47 dBm (50 W)
RF分析仪单边带相噪 (CF = 500 MHz)	-111 dBc/Hz (10 kHz 偏置) -108 dBc/Hz (100 kHz 偏置)
RF分析仪噪底(ANT口)	-157 dBm/Hz, -161 dBm/Hz典型值 (200 MHz 到 900 MHz)
RF发生器相噪	-112 dBc/Hz (10 kHz 偏置) -118 dBc/Hz (100 KHz 偏置)
输出电平范围	-130 ~ 3 dBm (T/R口) -130 ~ 13 dBm (RF Gen口, 需要1EA选件)
音频卡阻抗	音频生成: 50/600 欧姆 音频分析: 50/600/1M 欧姆
音频卡频率范围	音频生成: 5 Hz 到 79.8 kHz 音频分析: 10 Hz 到 90 kHz
音频卡电平范围	音频生成: 10 μ Vp 到 10 Vp 音频分析: 10 μ Vp to 46Vp



N9093 Radio Test Software

在同一界面，控制信号发生器和信号分析仪

发射机
测试
界面

接收机
测试
界面



发射机测试: 控制产生音频信号到电台，进行关键的RF和AF测试
接收机测试: 控制射频调制信号发生器，进行关键的音频接收机测试

解锁电台测试的未来

最新!

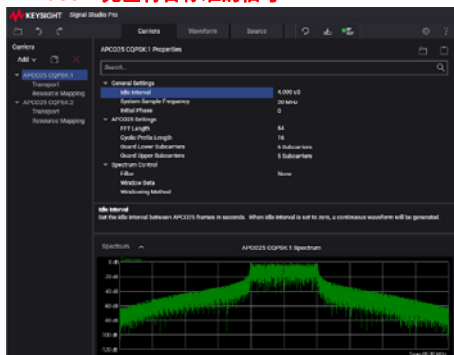
新的电台测试对测量用户界面

R&D

新的 Y9054EM0E 通用数字应用
自定义信号分析和生成



新的 N7640C LMR Signal Studio X for APCO25
Phase 1 完全符合标准的信号



生产/维修

新的 N9093 电台测试交钥匙解决方案用户界面
(结合 X-系列测量用户界面以及Signal Studio波形)

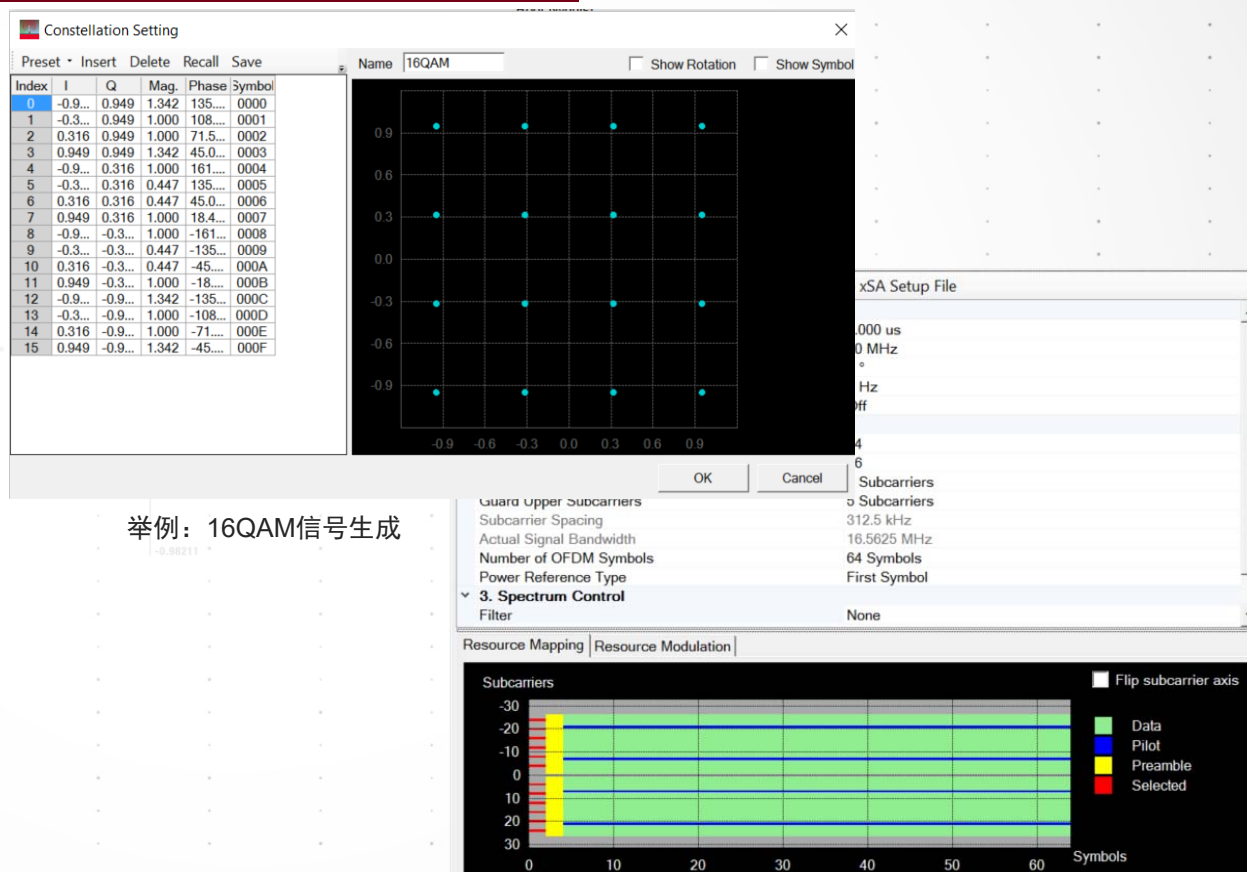


类似HP8920A/B, 从一个用户界面控制多台仪器

内置矢量信号生成硬件及软件

标配40MHz矢量信号生成，可扩展至160 MHz

- M8920A电台综测仪标配40 MHz带宽的矢量信号生成器，可扩展至160 MHz
- 结合矢量信号生成软件，可以灵活生成多种调制制式，包括
 - 常见的ASK, FSK, MSK, BPSK, QPSK, 8PSK, 16QAM, 32QAM, 64QAM, 128QAM, 256QAM, 512QAM, 1024QAM, 2048QAM, 4096QAM等
 - 用户自定义的IQ调制信号生成
 - 用户自定义的OFDM调制信号生成



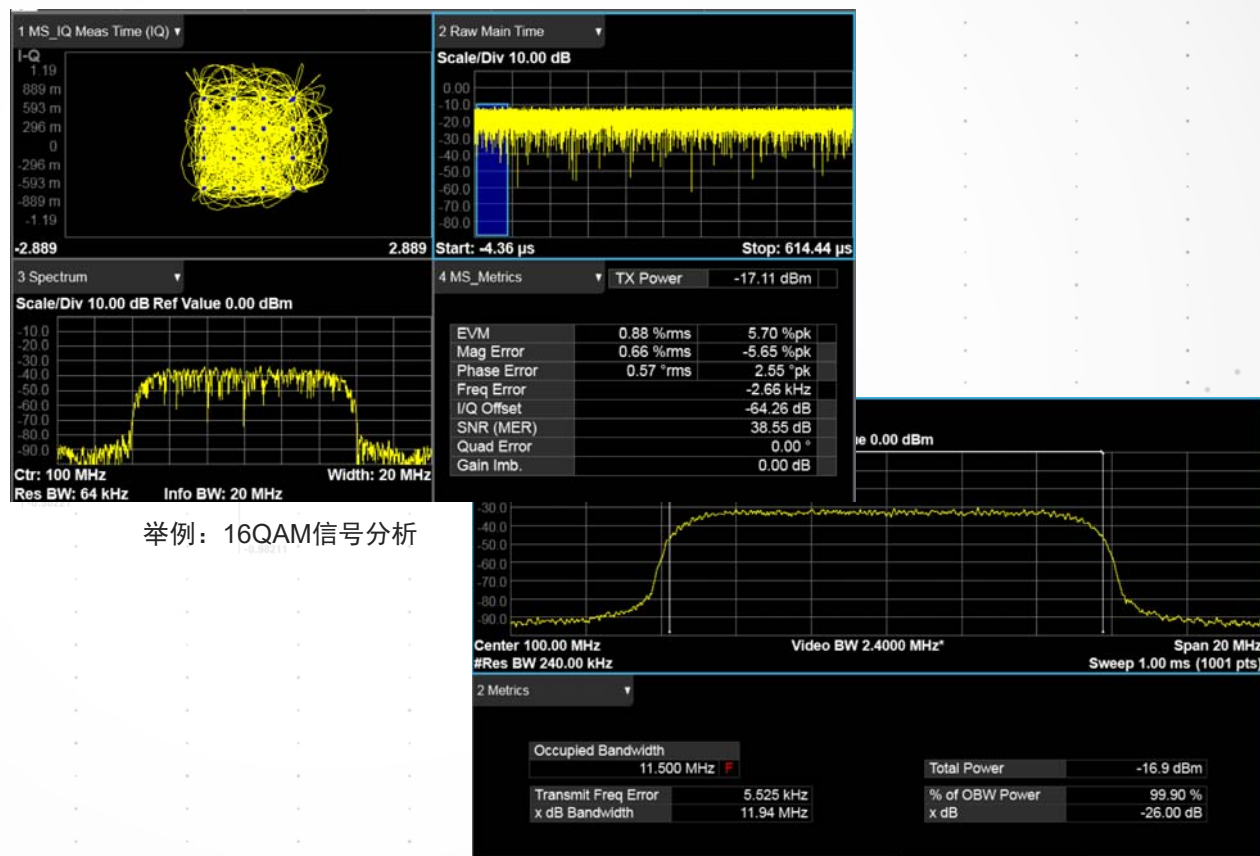
举例：16QAM信号生成

举例：自定义OFDM信号生成

内置矢量信号分析一键式测试

标配40 MHz的矢量信号分析硬件，可扩展至160 MHz

- M8920A电台综测仪标配40 MHz带宽的矢量信号分析硬件，可扩展至160 MHz
- 结合VMA矢量信号分析软件，可以灵活分析多种调制制式的信号，包括
 - 常见的ASK, FSK, MSK, BPSK, QPSK, 8PSK, 16QAM, 32QAM, 64QAM, 128QAM, 256QAM, 512QAM, 1024QAM, 2048QAM, 4096QAM等
 - 用户自定义的IQ调制信号分析
 - 用户自定义的OFDM调制信号分析
- 支持占用带宽(OBW)的一键式测试
- 支持邻信道功率比(ACPR)的一键式测试
- 支持信道功率测量(Channel Power)一键式测试
- 等等



应用：M8920A用于模拟电台测试

在同一界面，控制信号发生器和信号分析仪



• 发射机测试

• AM

- AM调制深度/调制频率
- 音频失真(SINAD/THD)
- 杂散/谐波测试
- ACPR等

• FM

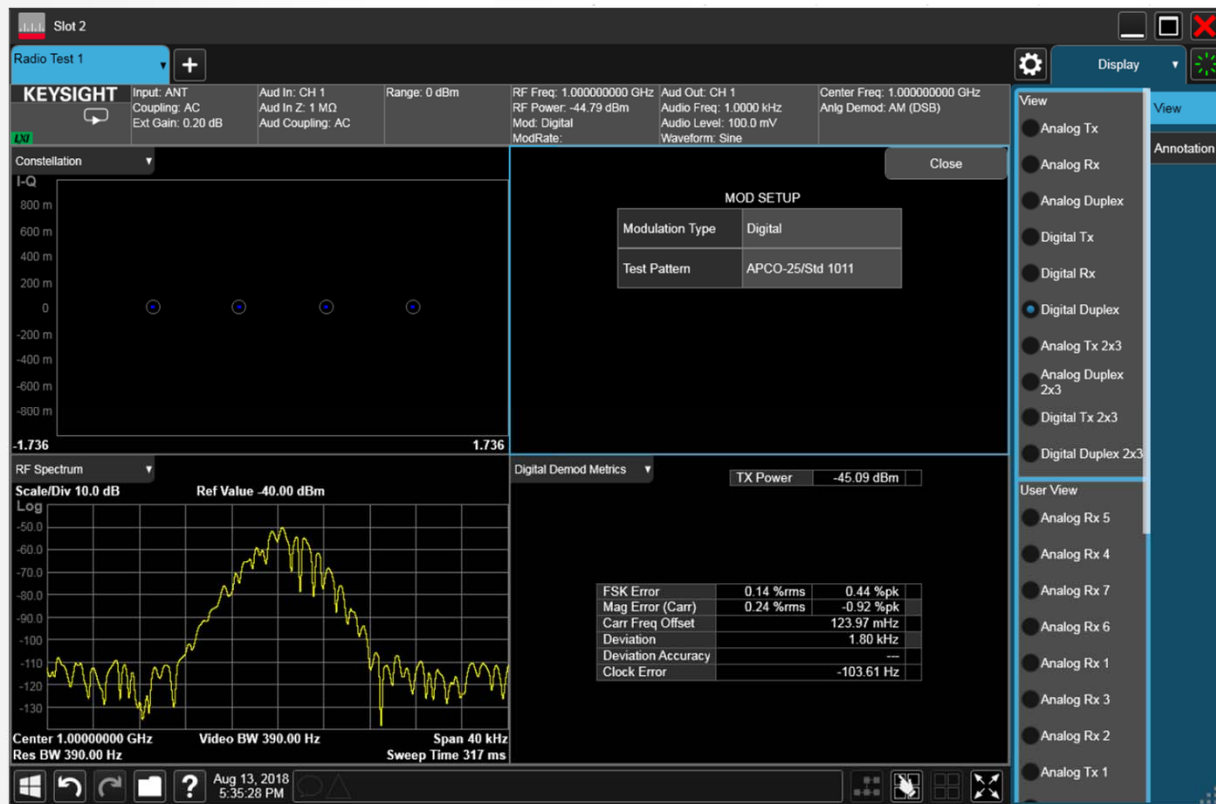
- FM 频偏/调制频率
- 音频失真 (SINDA/THD)
- 输出功率/频率
- 杂散/谐波
- ACPR/OBW等

• 接收机测试

- 音频失真 (SINAD/THD)
- 灵敏度等

应用：M8920A用于数字电台测试

一键式的数字发射机/接收机测试



• 发射机测试

- 支持多种数字标准，例如DMR, TETRA, APCO25等
- 调制质量
- 上升/下降时间
- ACPR
- OBW

• 接收机测试

- 内置符合标准的波形，支持接收机 BER测试
- 音频失真 (SINAD/THD)

应用：导航接收机测试

N7609C SIGNAL STUDIO FOR GNSS

- 使用M8920A电台综测仪中的矢量信号生成器部分，结合N7609C导航信号生成软件，可以生成GPS、北斗等导航信号，用于导航接收机测试。
- N7609C生成卫星信号的IQ波形文件，下载至M8920A中的信号源进行播放
- 方案可以支持针对导航接收机的：
 - 生产测试
 - 支持生成GPS/GLONASS/Galileo/Beidou/QZSS/SBAS等不同种类的单星卫星信号的波形
 - 验证接收机捕获卫星信号，汇报载噪比并持续跟踪信号的能力
 - 研发测试/定位测试
 - 支持生成GPS, GLONASS, Galileo及北斗的导航信号波形
 - GPS,GLONASS和北斗共享40个信道，Galileo 支持16信道
 - 内置场景生成器，轨迹生成器，支持生成所需要的动态/静态场景
 - 在信号中叠加指定信噪比的高斯白噪声
 - 用于首次定位时间(TTFF)测试以及定位准确度测试等

注：M8920A波形回放的内存为512 Msa，能播放的信号时间有限。如果需要更长时间的导航信号，进行动态场景测试等，可以使用是德科技的N5172B/N5182B矢量信号源，实时的生成所需要的导航信号，可以生成长达几天的场景。



日程

- 电台发展现状及电台综测仪现状介绍
 - 军用电台和公共安全电台的现状与发展趋势
 - 电台综测仪现状及发展趋势
- 新一代电台综测仪M8920A介绍
 - M8920A架构介绍
 - 关键指标及应用
- 现代自动化测试软件平台
 - 成功的自动化测试平台架构的关键要素
- 电台测试系统的自动化方案及应用举例
 - KS8400A PathWave 测试自动化
 - 电台测试自动化插件及使用举例
- 总结

现代的自动化测试软件平台

构成成功架构的关键要素

有效的测试软件平台需要考虑的功能

- 测试流程控制: branching, parallel test, exception handling and callbacks
- 测量结果显示: USL, LSL, array results
- 企业系统管理网络: test plan archive and management, results archive - SQL support
- 可定制的GUI interface with external automation IO
- 支持团队合作 including management of software repositories
- 测试步骤分类: pre-test setup, measurements and post-test clean-up
- 测试开发工具 including test step, loop and general debugging tools as well as timing and **results analysis tools for test optimization**

现代的自动化测试软件平台

构成成功架构的关键要素

有效测试软件平台的构成要素

简单: Low technical barrier for use. Useful to programmers as well as non-programmers.

可扩展: Modular implementation provides easy plug and play upgrade paths for tests. Re-use not Re-invent.

快速: Lightweight and optimized for speed in manufacturing yet powerful for R&D

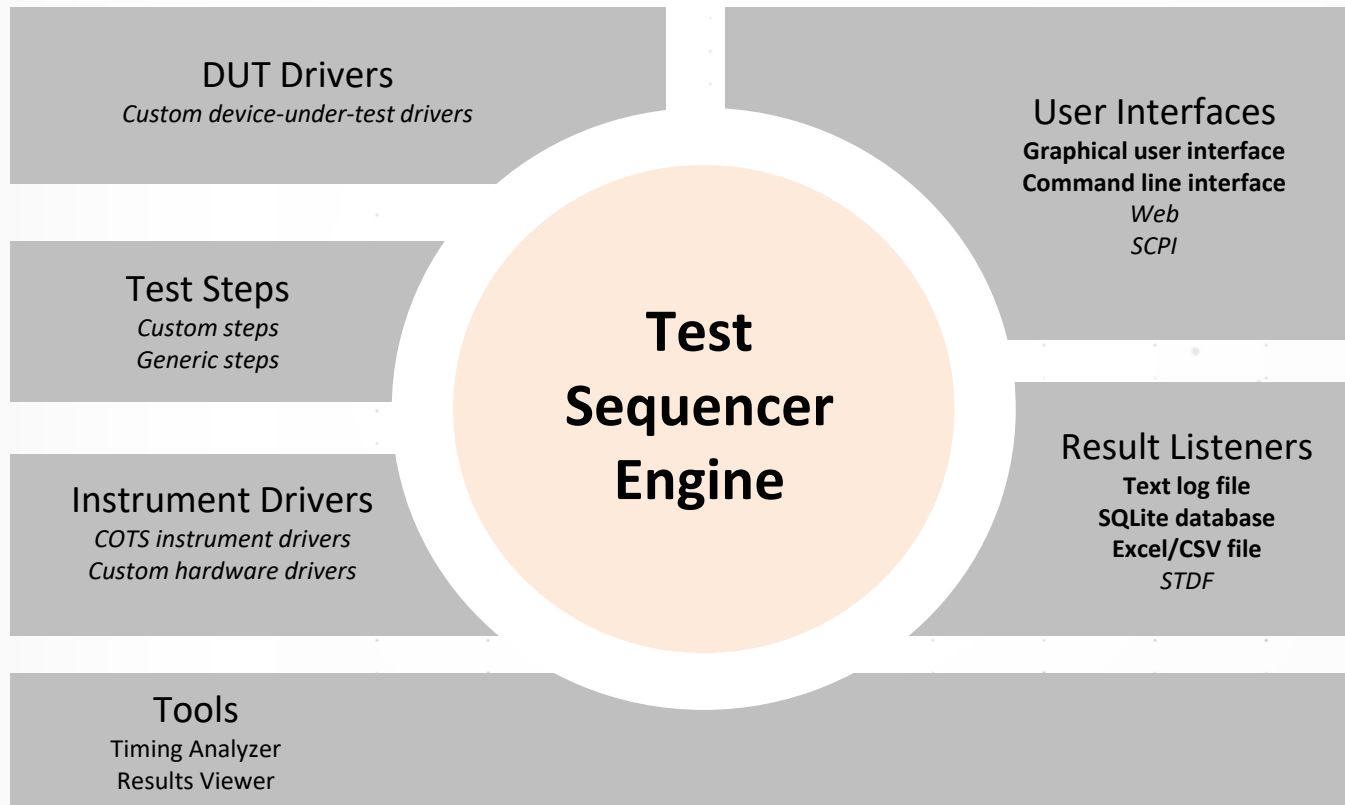
有效: Significant efficiency gains for test developers using COTS sequencers

开放: Open source engine allows users flexibility to customize and integrate 3rd party SW for unique needs

现代的自动化测试软件平台

平台架构

自动化测试软件: 关键功能模块



日程

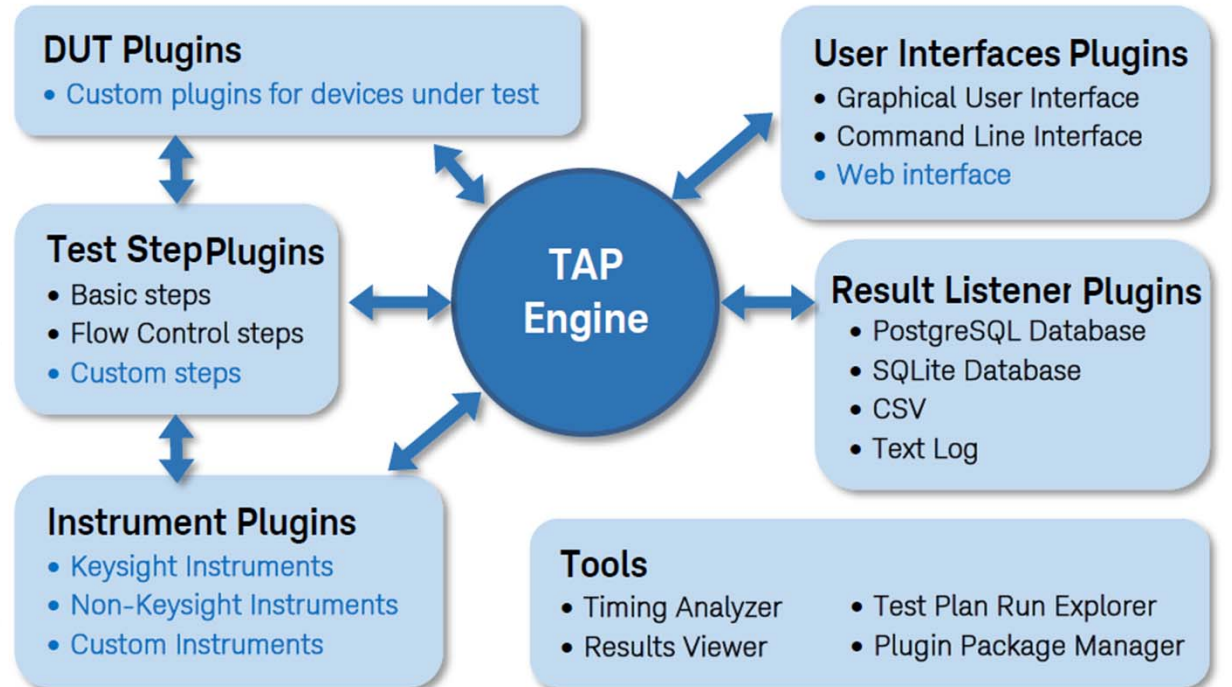
- 电台发展现状及电台综测仪现状介绍
 - 军用电台和公共安全电台的现状与发展趋势
 - 电台综测仪现状及发展趋势
- 新一代电台综测仪M8920A介绍
 - M8920A架构介绍
 - 关键指标及应用
- 现代的自动化测试软件平台
 - 成功自动化测试平台架构的关键要素
- 电台测试系统的自动化方案及应用举例
 - KS8400A PathWave 测试自动化平台
 - 电台测试自动化插件及使用举例
- 总结

电台测试系统&自动化

是德科技 KS8400A PATHWAVE 测试自动化平台

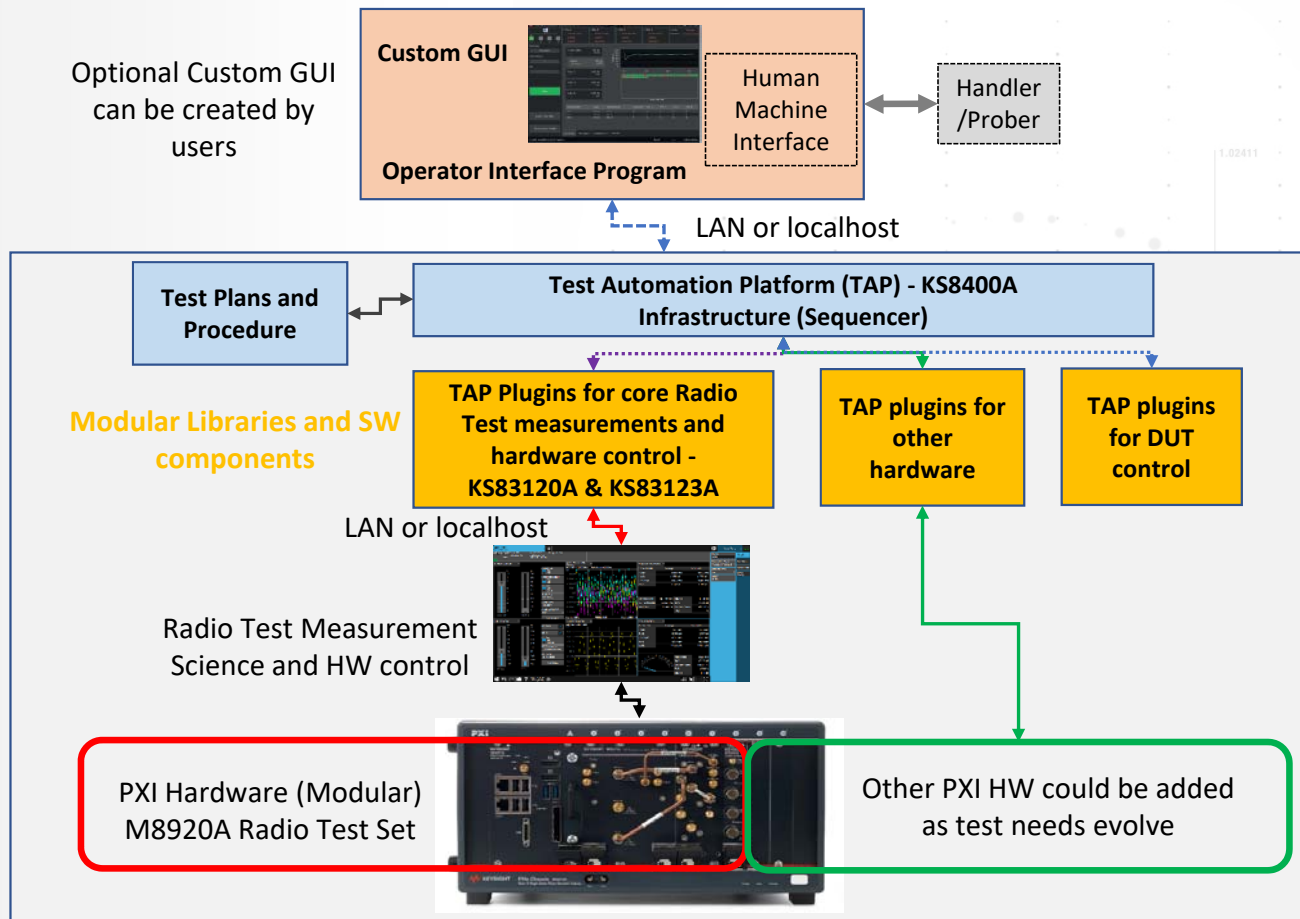
灵活可扩展的软件架构和编程环境

- Centralized TAP Engine sequencer: lightweight and optimized for speed
- Plug-ins: for customization and scalability using standard and supportable coding methods
- Optimization tools: Timing, Results, Test Plan explorer and Plug-in management



是德科技电台测试系统&自动化

基于几十年的经验，可靠的硬件&软件



Radio Test: example of TAP implementation

Flexible, scalable and lightweight sequencer supporting customization using standard C#/.NET coding

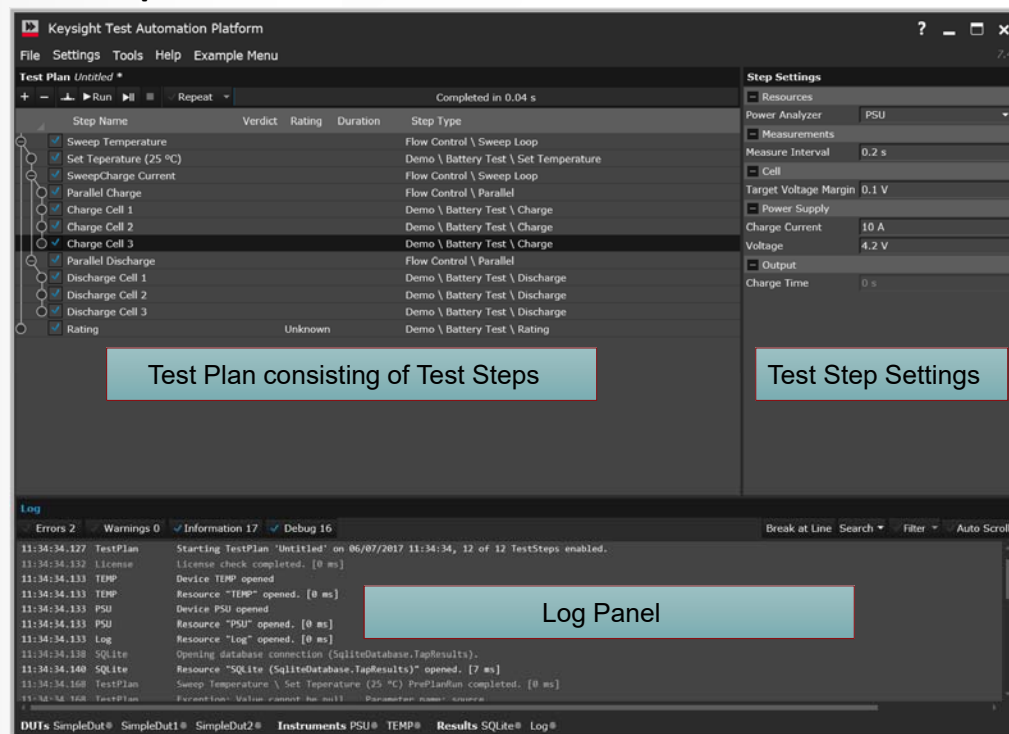
Utilizes the library plugin approach with package manager for quick deployment and conducive to team collaboration and re-use

Automated radio testing on M8920A

是德科技电台测试系统&自动化

KS8400A PATHWAVE 自动化测试平台

Developer's User Interface



Test Plan consisting of Test Steps

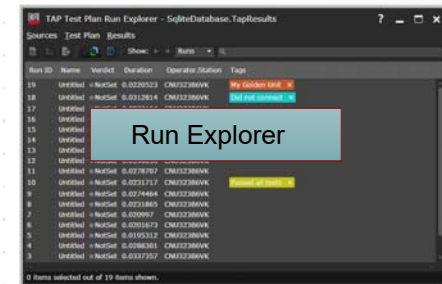
Test Step Settings

Log Panel

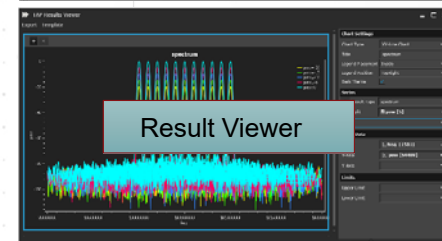
DUT Plugin(s)

Instrument Plugin(s)

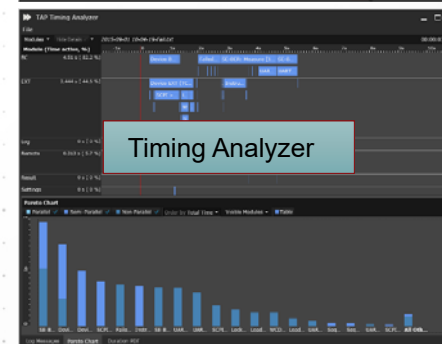
Results Listener Plugin(s)



Run Explorer



Result Viewer



Timing Analyzer

是德科技电台测试系统&自动化

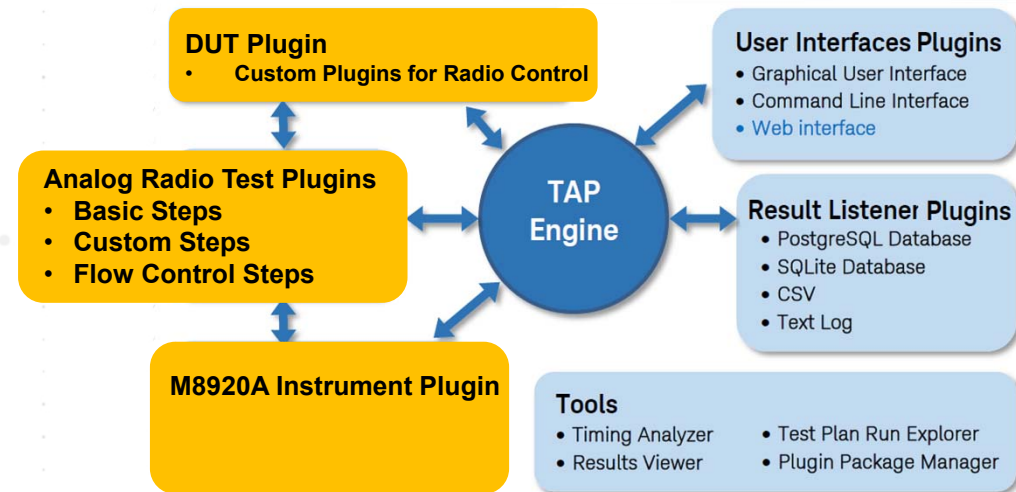
电台测试自动化插件以及使用案例

- 生成 & 定制 模拟/数字电台测试序列 (KS83120A & KS83122A)

- TX 调制测试
- TX 音频失真
- TX 调制门限
- TX 输出功率
- RX 音频失真
- RX 音频频率响应
- RX 音频灵敏度
- RX 哼声和噪声
- RX SINAD
- ... 等等.

- 简单的开发流程

- 无缝的测试自动化，无需担心具体的SCPI控制命令
- 不需要编程经验
- 添加通用的电台待测件，使用TCPI/IP协议或者COM口
- 添加测试中所需要的其他硬件



是德科技电台测试系统&自动化

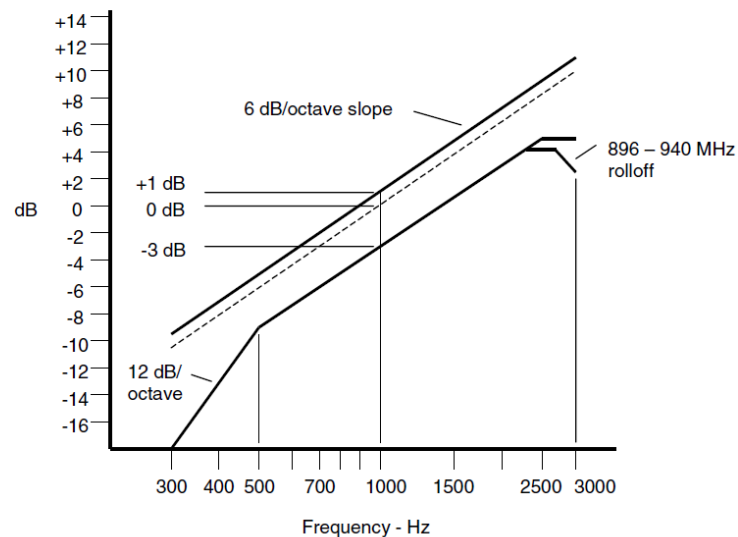
举例：发射机音频频率响应测试

TIA 603 标准定义：

The audio frequency response is the degree of closeness to which the frequency deviation of the transmitter follows a prescribed characteristic (6dB/ Octave).

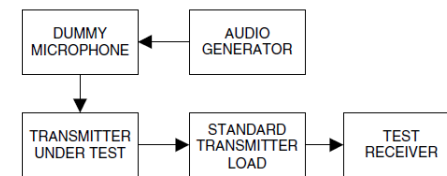
TIA-603-C

Methods of Measurement for All Equipment



2.2.6.2.2

Constant Input Test Method (300 Hz to 3000 Hz)



- Connect the equipment as illustrated.
- Set the test receiver to measure peak positive deviation. Set the audio bandwidth for ≤ 50 Hz to $\geq 15,000$ Hz. Turn the de-emphasis function off.
- Adjust the transmitter per the manufacturer's procedure for full rated system deviation.
- Apply a 1000 Hz tone and adjust the audio frequency generator to produce 20% of the rated system deviation.
- Set the test receiver to measure rms deviation and record the deviation reading as DEV_{REF} .
- Set the audio frequency generator to the desired test frequency between 300 Hz and 3000 Hz.
- Record the test receiver deviation reading as DEV_{FREQ} .
- Calculate the audio frequency response at the present frequency as:

$$audio\ frequency\ response = 20 \log_{10} \left(\frac{DEV_{FREQ}}{DEV_{REF}} \right)$$

- Repeat steps f) through h) for all the desired test frequencies.

是德科技电台测试系统&自动化

举例：发射机音频频率响应测试

Test Plan TX Audio Frequency Response

Step: + - Test Plan: [Icon] [Icon] [Icon] [Icon] Repeat Completed in 0.00 s

Step Name	Verdict	Duration	Flow	Step Type
TX Audio Frequency Reponse Test Sequence				Flow Control \ Sweep Loop
Key Baefeng Radio				Radio Test Generic DUT Control \ Specific USB relay for key line PTT
Adjust the system Rated Deviation to 100%				Flow Control \ Sweep Loop (Range)
Measure 100% of System Rated Deviation				Radio Test Analog \ Transmitter Test \ Adjust to Rated TX Frequency Deviation
If Verdict				Flow Control \ If Verdict
Apply 1KHz Tone & adjust the system Rated Deviation to 20%				Flow Control \ Sweep Loop (Range)
Measure 20% of System Rated Deviation				Radio Test Analog \ Transmitter Test \ Adjust to Rated TX Frequency Deviation
If Verdict				Flow Control \ If Verdict
Sweep 10 Audio Tones Frequency (300 Hz to 3 KHz)				Flow Control \ Sweep Loop (Range)
TX Audio Frequency Response				Radio Test Analog \ Transmitter Test \ TX Audio Frequency Response
DeKey Baefeng Radio				Radio Test Generic DUT Control \ Specific USB relay for key line PTT

2.2.6.2.2 Constant Input Test Method (300 Hz to 3000 Hz)

a) Connect the equipment as illustrated.

b) Set the test receiver to measure peak positive deviation. Set the audio bandwidth for ≤ 50 Hz to $\geq 15,000$ Hz. Turn the de-emphasis function off.

c) Adjust the transmitter per the manufacturer's procedure for full rated system deviation.

d) Apply a 1000 Hz tone and adjust the audio frequency generator to produce 20% of the rated system deviation.

e) Set the test receiver to measure rms deviation and record the deviation reading as DEV_{rms} .

f) Set the audio frequency generator to the desired test frequency between 300 Hz and 3000 Hz.

g) Record the test receiver deviation reading as DEV_{test} .

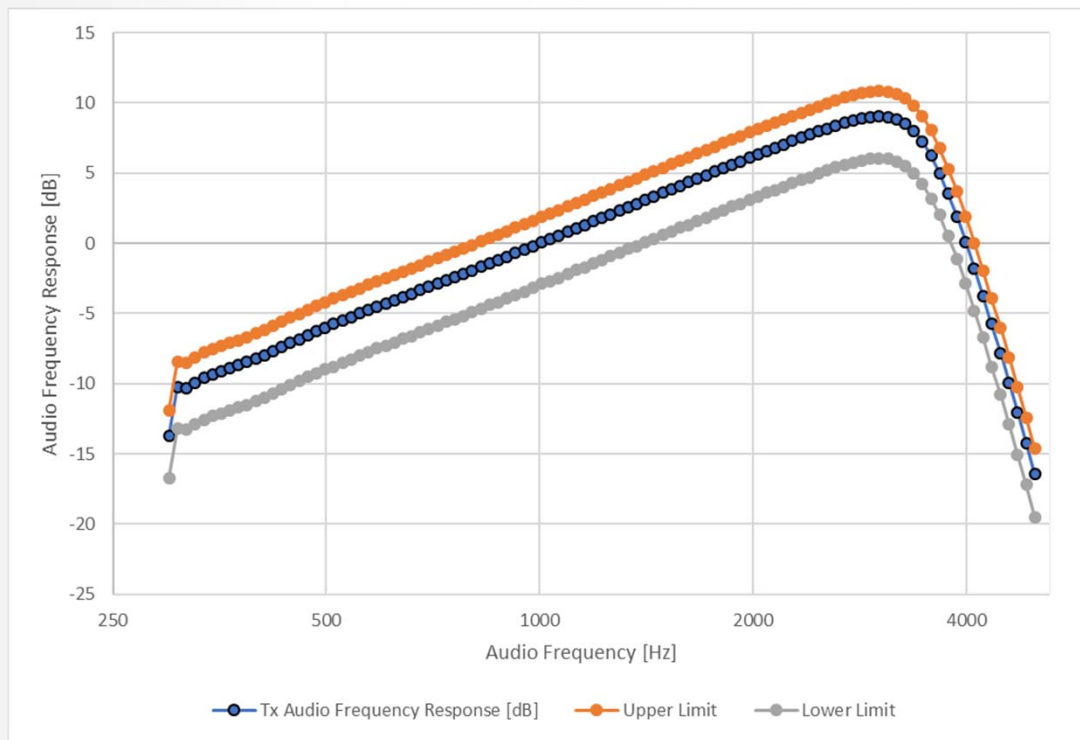
h) Calculate the audio frequency response at the present frequency as:

$$\text{audio frequency response} = 20 \log_{10} \left(\frac{DEV_{rms}}{DEV_{test}} \right)$$

i) Repeat steps f) through h) for all the desired test frequencies.

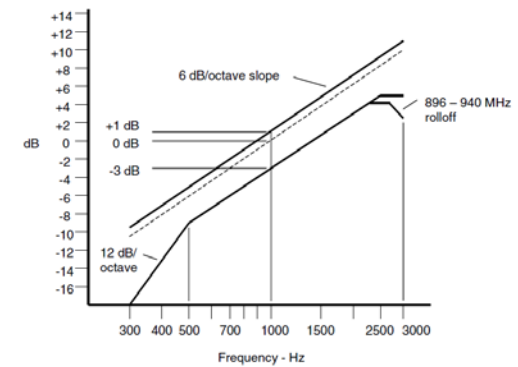
是德科技电台测试系统&自动化

举例：发射机音频频率响应测试结果

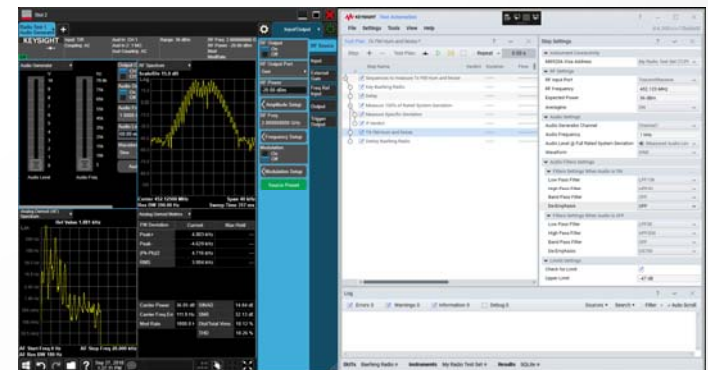


TIA-603-C

Methods of Measurement for All Equipment



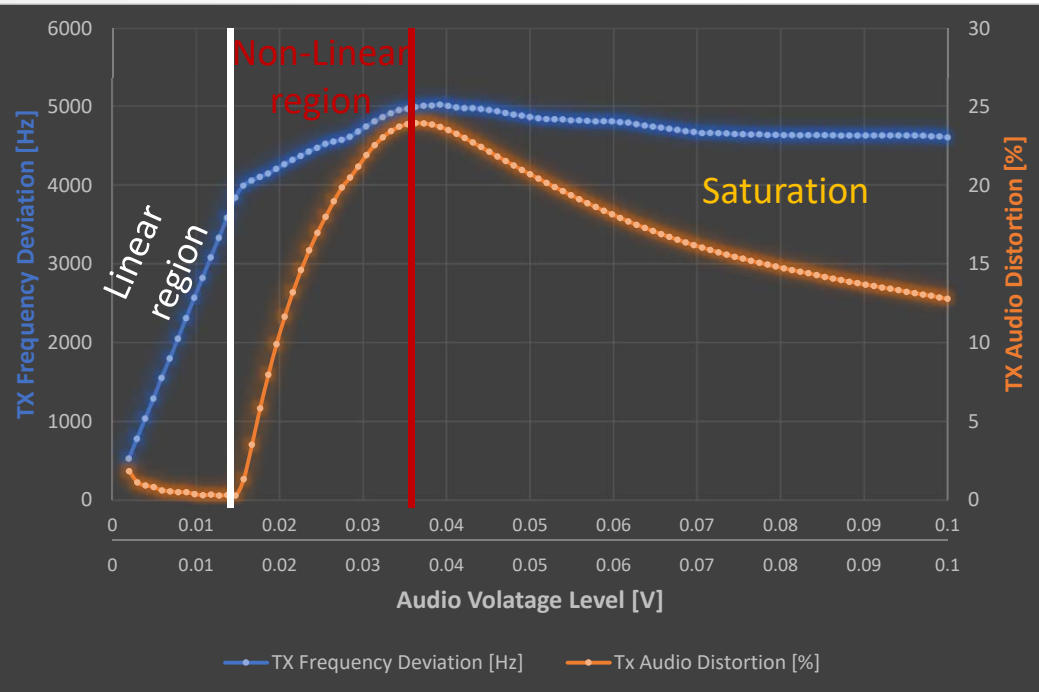
The audio frequency response from 300 Hz to 3000 Hz shall not vary more than +1 dB or -3 dB from a true 6 dB per octave pre-emphasis characteristic as referenced to the 1000 Hz level. The exception is from 500 Hz to 300 Hz, where an additional 6 dB per octave rolloff is allowed.



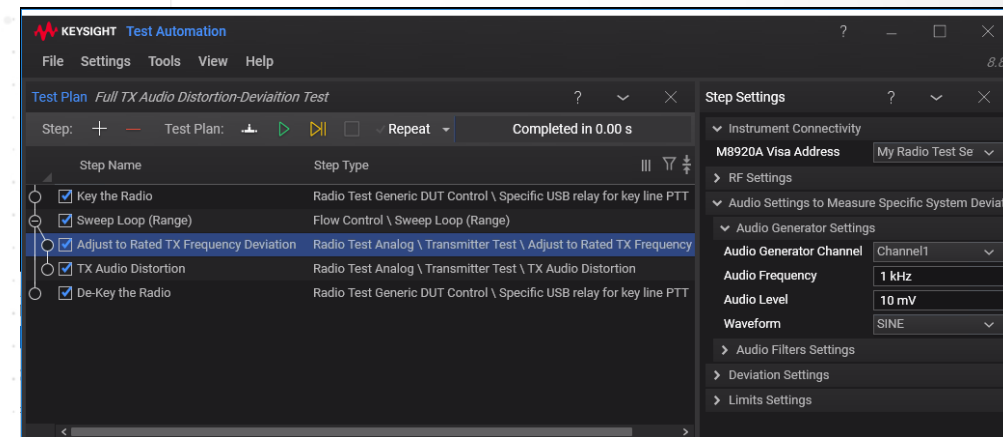
是德科技电台测试系统&自动化

自动化测试可扩展 (测试步骤可复用)

举例: 完整的Full TX 音频失真/频偏测试



Example of Flow Control



是德科技电台测试系统&自动化

现代的测试报告生成及结果管理

KS8104A HTML5 Result Listener Plugin

Test Report Transmit & Receive Test (Baofeng Radio)

Report generated 2018-11-08T00:13:01Z

Operator Jad Faraj

Station TW57240656

Overall Verdict **Pass**

Step Results (Short)

Test Step Name	Verdict	Duration
Tx Test	Pass	00:00:27.2759129
Rx Audio Output Power	Pass	00:00:01.5894103
RX Hum and Noise	Pass	00:00:01.1879324
Sweep FM Deviation	Pass	00:00:05.4859130

Step Results (Long)

Test Step Name	Verdict	Duration
Key/DeKey Baofeng Radio	NotSet	00:00:00.0045550
Delay	NotSet	00:00:00.2502187
Measure Specific Tx Frequency Deviation	NotSet	00:00:00.1520892
If Verdict	NotSet	00:00:00.0000277
Measure Specific Tx Frequency Deviation	NotSet	00:00:00.0665375
If Verdict	NotSet	00:00:00.0000541
Measure Specific Tx Frequency Deviation	NotSet	00:00:00.2150534
If Verdict	NotSet	00:00:00.0000482
Measure Specific Tx Frequency Deviation	NotSet	00:00:00.2150534

Test Plan Transmit & Receive Test (Baofeng Radio)*

Step: + - Test Plan: [Icon] Repeat Paramet

Step Settings

Sweep Parameters: FM Deviation

Behavior: Linear

Start: 1900

Stop: 2100

Points: 21

Step Size: 10

Current Value: 2100

Log

Errors 0 Warnings 0 Information 1110 Debug 5978 Break at Line Sources Search Filter Auto Scroll

18:13:01.169 Summary RX Audio Sensitivity 253 ms Pass

18:13:01.169 Summary RX Audio Sensitivity 249 ms Pass

18:13:01.169 Summary RX Audio Sensitivity 268 ms Pass

18:13:01.169 Summary RX Audio Sensitivity 251 ms Pass

18:13:01.169 Summary RX Audio Sensitivity 252 ms Pass

18:13:01.169 Summary RX Audio Sensitivity 251 ms Pass

18:13:01.169 Summary RX Audio Sensitivity 257 ms Pass

18:13:01.169 Summary RX Audio Sensitivity 256 ms Pass

18:13:01.169 Summary RX Audio Sensitivity 252 ms Pass

18:13:01.169 Summary RX Audio Sensitivity 250 ms Pass

18:13:01.169 Summary RX Audio Sensitivity 256 ms Pass

18:13:01.169 Summary RX Audio Sensitivity 253 ms Pass

18:13:01.169 Summary RX Audio Sensitivity 248 ms Pass

18:13:01.169 Summary RX Audio Sensitivity 251 ms Pass

18:13:02.471 HTML5 Minifying...

18:13:03.168 HTML5 Modification completed.

18:13:03.171 TestPlan Waiting for OnTestPlanRunCompleted for HTML5 (Results\2018-11-07 18-12-25-Pass.html).

18:13:03.766 HTML5 Resource "HTML5 (Results\2018-11-07 18-12-25-Pass.html)" closed. [6.90 us]

TestPlan completed successfully in 35.6 s

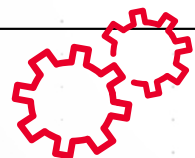
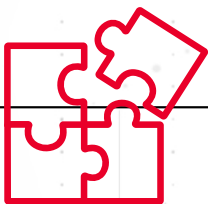
DUTs My Generic Radio DUT * **Instruments** My Radio Test Set * **Results** CSV * **Log** * **SQLite** * **HTML5** * **MyRes** *

是德科技电台测试系统&自动化

灵活可扩展的硬件&软件架构

挑战

- 花费了太多时间在测试产品集成上
- 缺乏软件灵活性，无法轻松适应测试要求和/或环境变化
- 缺乏测试计划开发工具
- 不同的部门之间难以合作



解决方案

- Keysight's PathWave 测试自动化平台支持连接工作流程
- 灵活可扩展的测试自动化
- 简单的插件，对测试工程师而言，只用设计测试序列，无需编程
- 强大的工具，来创造IP并支持复用
- 公司范围内支持Web访问的数据库，用于项目和插件的开发

M8920A / 电台自动化系统



日程

- 电台发展现状及电台综测仪现状介绍
 - 军用电台和公共安全电台的现状与发展趋势
 - 电台综测仪现状及发展趋势
- 新一代电台综测仪M8920A介绍
 - M8920A架构介绍
 - 关键指标及应用
- 现代的自动化测试软件平台
 - 成功自动化测试平台架构的关键要素
- 电台测试系统的自动化方案及应用举例
 - KS8400A PathWave 测试自动化
 - 电台测试自动化插件及使用举例
- 总结

开启电台测试的未来

解决电台测试客户挑战

• Keysight 电台测试解决方案:

- 测试模拟和数字LMR 电台以及自定义的调制制式
- 通过软件许可升级的方式添加所支持的电台制式以及一些其他的数字信号格式
- 灵活可扩展的方案可以测量当前的，未来的，以及自定义的格式
- 频率范围和测量带宽选择可以覆盖所有新的商业标准
- 最快的测量速度，增加吞吐量降低总体运营成本
- 现代的自动化测试工具及针对电台测试应用的测试插件，适用于自动化测试
- PXIe 架构允许无限的自定义和添加任何其他模块或设备





KEYSIGHT
TECHNOLOGIES